

Genetic procedure for multi-deck elevator call allocation

Patenttinumero: ☐ [US6293368](#)
Julkaisupäivä: 2001-09-25
Keksijä(t): YLINEN JARI (FI); TYNI TAPIO (FI)
Hakija(t): KONE CORP (US)
Pyydetty patentti: FI974613
Hakemusnumero: US20000599872 20000623
Prioriteettinumero (t): FI19970004613 19971223; WO1998FI01015 19981223
IPC-luokitus B66B1/18
EC-luokitus [B66B1/20](#)
Vastineet: ☐ AU1762299, ☐ [AU738759](#), CA2315632, ☐ [EP1040071](#) (WO9933741), [A3](#),
☐ [FI107379B](#), JP2001527015T, ☐ [WO9933741](#)

Tiivistelmä

Genetic procedure for the allocation of calls issued via the landing call devices of elevators included in a multi-deck elevator group, in which procedure a multi-deck elevator model is formed in which the limitations of and rules of behaviour for each elevator in the multideck elevator group and each car of each elevator are defined; a plurality of allocation options, i.e. chromosomes are formed, each of which contains a car data item and an elevator direction data item for each active landing call, and these data, i.e. genes, together define a car to serve each landing call as well as a collective control direction for the elevator; for each chromosome, a fitness function value is determined; one or more of the chromosomes are selected and altered in respect of at least one gene; fitness function values are determined for the new chromosomes; the process of altering the chromosomes, selecting chromosomes and determining fitness functions is continued until a termination criterion is met and, based on the fitness function values, the most suitable chromosome is selected and the calls are allocated to the elevators and cars in the elevator group in accordance with this solution

Tiedot otettu esp@cenet tietokannasta - I2

GENETIC PROCEDURE

The present invention relates to a genetic procedure for the control of an elevator group, as defined in the preamble of claim 1.

When a passenger wants to have a ride in an elevator, he/she calls an elevator by pressing a landing call button on the floor in question. The elevator control system receives the call and tries to figure out, which one of the elevators in the elevator bank can serve the call best. This activity is termed call allocation. The problem to be solved by call allocation is to establish which one of the elevators is to serve each call so as to minimise a preselected cost function.

Traditionally, to establish which one of the elevators will be suited to serve a call, the reasoning is performed individually in each case by using complex condition structures. Since the elevator group has a complex variety of possible states, the condition structures will also be complex and they often have gaps left in them. This leads to situations in which the control system does not function in the best possible way. Furthermore, it is difficult to take the entire elevator group into account as a whole.

Finnish patent application FI 951925 presents a procedure for the allocation of landing calls in an elevator group, in which some of the problems described above have been eliminated. This procedure is based on forming a plurality of allocation options, each of which comprises a call data item and an elevator data item for each active landing call, and these data together define the elevator to serve each landing call. After this, the value of a cost function is computed for each allocation option and one or more of the allocation op-

tions are repeatedly altered with respect to at least one of the data items comprised in it, whereupon the values of the cost functions of the new allocation options thus obtained are computed. Based on the values
5 of the cost functions, the best allocation option is selected and active elevator calls are allocated accordingly to the elevators in the elevator group.

The solution presented in the above application substantially reduces the required calculation work as
10 compared with having to calculate all possible route alternatives. In this procedure, which is based on a genetic algorithm, the elevator group is treated as a whole, so the cost function is optimised at the group
15 level. The optimisation process need not be concerned with individual situations and ways of coping with them. By modifying the cost function, desired operation can be achieved. It is possible to optimise e.g. passenger waiting time, call time, number of starts, travelling time, energy consumption, rope wear, operation
20 of an individual elevator if using a given elevator is expensive, uniform use of the elevators, etc., or a desired combination of these.

25 In order to further increase the efficiency and capacity of elevator groups, elevator systems have been developed in which two or even three cars placed on top of each other travel in the same elevator shaft. Such elevators are called double-deck or triple-deck elevators.
30

In prior art, if landing calls were only served by double-deck elevators, then after the decision regarding the selection of an elevator it would be necessary to
35 make a second decision about which one of the two decks is to serve the landing call. For the latter decision, it is necessary to have rules which must take the whole

elevator group into account and which must be comprehensive if the control system is to find an optimal solution in respect of a desired, alterable cost function. In addition, the selection rules must be applicable for use directly in any elevator group configuration and in any traffic situation.

The object of the present invention is to eliminate the drawbacks described above. A specific object of the present invention is to disclose a new type of procedure that enables allocation of calls given via landing call devices of elevators comprised in a multi-deck elevator group. In this context, multi-deck elevator group means an elevator group that comprises at least one multi-deck elevator, possibly several single-deck, double-deck and triple-deck elevators in the same elevator bank.

As for the features characteristic of the invention, reference is made to the claims.

The genetic procedure of the invention for the control of a multi-deck elevator group is based on the insight that although the same elevator may comprise several cars, these can initially be regarded as separate cars, and a suitable car is allocated to serve each landing call. This makes it possible to avoid making decisions at two levels as mentioned above. However, as the cars in the same elevator are not independent of each other, the interaction between them will be taken into account when a car selection alternative is input to a multi-deck elevator model in which the cars are associated with the elevators to which they belong.

In the genetic procedure of the invention, a multi-deck elevator model is formed in which the limitations of and rules of behaviour for each elevator in the multi-

deck elevator group and each car of each elevator are defined. After this, a number of allocation options, i.e. chromosomes are formed, each of which contains a car data item and an elevator direction data item for each active landing call, and these data, i.e. genes, together define a car to serve the landing call as well as the collective control direction for the elevator. For the chromosomes thus generated, fitness function values are determined, and one or more of the chromosomes are selected, which are then altered in respect of at least one gene. For the new chromosomes thus obtained, fitness function values are determined, and the process of forming chromosome mutations and selecting chromosomes and determining fitness functions is continued until a termination criterion is met. After this, based on the fitness function values, the most suitable chromosome is selected and the calls are allocated to the elevators and cars in the elevator group in accordance with this solution.

Thus, in multi-deck group control according to the invention, decision-making is based on route optimisation effected using a genetic algorithm. In the route optimisation, each landing call is served. A problem in the route optimisation is exponential increase of the number of alternative solutions as the number of landing calls increases. The multi-deck system further increases the number of alternative solutions if the elevators are treated as separate cars. For this reason, the number of alternatives and the computation power needed soon become too large even in small multi-deck elevator groups. A genetic algorithm substantially reduces the computation work needed, because it can select a solution without systematically working through all the alternative solutions. In addition, it is of a parallel structure by nature, so the computation work can be divided among several processors.

The genetic algorithm of the invention operates with a set of alternative solutions whose ability to solve the problem is developed until the termination criterion for the optimisation is met. The fitness of each alternative solution to become a control decision depends on the value it is assigned after it has been processed in the elevator model and its cost has been calculated using a desired cost function. The termination criterion may consist of e.g. a predetermined fitness function value obtained, a number of generations, an amount of processing time or a sufficient homogeneity of the population.

Thus, in the optimisation method of the invention, the first task is to define a search expanse in which the extent of the problem is described and the limitations for optimisation are set. The resources, the limitations and the prevailing traffic situation together form an elevator model or an operating environment in which the group controller must perform its function in the best manner possible in accordance with the task assigned to it. At any given point of time, the operating environment may thus comprise e.g. the number of elevators together with car sizes and degrees of occupancy, factors relating to the drives such as traveling times between floors, door open times and amounts of traffic from and to different floors, active landing and car calls and the limitations imposed by special group control functions active. A predetermined or desired control strategy or control method may also function as a limiting factor for the genetic group controller.

In multi-deck control, the working principles are established in the control logic in advance e.g. by developing rules as to which one of the elevator cars is

to serve a landing call encountered or by developing control strategies, such as e.g. having the lower cars of double-deck elevators serve odd floors and the upper cars - even floors. A feature common to these control methods is that they involve a decision as to which ones of the cars of multi-deck elevators may serve landing calls issued from a given floor, thus contributing towards increasing the flexibility of the controller and optimising the control decisions it makes.

10

After the formation of a search expanse, a first set of alternative solutions or allocation options, i.e. a first population, is created. This set may also include both earlier solutions and solutions generated by other methods. As the first allocation options, i.e. chromosomes, may be the result of completely arbitrary selection, they are usually very different in respect of their fitness values. The first set is also called a first population. The first population is improved via genetic operations, which include e.g. various selection, hybridisation and mutation techniques as well as elitism strategies. By these techniques, new generations, i.e. sets of alternative solutions are created. For each new alternative solution, a fitness function value is calculated, whereupon a new round of selection and creation is started.

Since the selection is based on the fitness function values, this activity results in eliminating bad solutions as generations pass. At the same time, the features comprised in the better solutions are increased and propagated to the level of the entire population, thus generating better and better control decisions. This process of improving alternative solutions is continued until the criterion for terminating the optimisation is fulfilled. From the best alternative solution, i.e. chromosome, among the last generation cre-

35

ated, the genetic multi-deck group controller then produces a control decision for the current traffic situation.

- 5 The alternative control decisions are arranged into models forming chromosomes in the genetic control algorithm, so-called multi-deck control chromosomes. A control chromosome represents the way in which the elevator group as a whole will serve the traffic in the building at a given instant of time within the framework of different limitations and resources. The control chromosomes consist of genes, of which there are two types: car genes and direction genes. These together identify the one of the cars in the elevator group that is to serve each landing call and the direction in which stationary elevators with no direction selected are to start out to serve landing calls allocated to them or to their individual cars.
- 10
- 15
- 20 The value of a car gene indicates which one of the cars in the multi-deck elevator group is to serve the landing call corresponding to the gene. In the decision-making process, the alternative values, i.e. alleles, and the range of values of the gene depend on which ones of the individual cars of the elevators in the elevator group are able to serve the landing call in question within the framework of the various prevailing limitations, such as locked-out floors. The number of car genes in a chromosome varies from one instant to the next, depending on the number of active landing calls issued. In addition, the number of genes may also be influenced by anticipated landing calls likely to be received in the near future.
- 25
- 30
- 35 When no collective control direction has been defined for the elevator, it is necessary to decide whether the elevator is to start moving in the up or down direction

first to serve the landing calls allocated to it. The decision about the direction has an effect on the group control service capacity, and the decision must be dependent at least on the current traffic situation. A direction gene for an elevator is included in the chromosome when it is necessary to decide about the direction in which an unoccupied elevator is to start out to serve the calls allocated to it. When this decision is made simultaneously with the car decision, the controller will have more freedom and is therefore also more likely to make better control decisions as compared with forming the decisions about the direction in advance by the application of various rules. Moreover, the entire elevator group is automatically taken into account as a whole.

A control chromosome, i.e. a decision alternative, consists of car and direction genes. In a traffic situation, it is necessary to determine the number of each type of gene in the chromosome as well as the alleles, i.e. alternative values of the genes. At the same time, their ranges of values are obtained. The position of a gene in the chromosome corresponds to an active landing call or a landing call to appear in the near future or to an elevator-specific direction gene. Depending on the type of the gene, its content determines which one of the cars of the multi-deck elevator is to serve the landing call in question or in which direction the elevator is to start out to serve the landing calls. The contents, i.e. values, of the genes in a chromosome determine how well the chromosome can solve the current control problem.

The multi-deck elevator model used in the procedure of the invention may contain a single-deck elevator model, which defines the limitations of and rules of behaviour for single-deck elevators, a double-deck elevator

model, which defines the limitations of and rules of behaviour for double-deck elevators, and a triple-deck elevator model, which defines the limitations of and rules of behaviour for triple-deck elevators. In double-deck and triple-deck elevator models, it is generally assumed that the cars of the elevator are fixedly connected to each other, i.e. that they always move at the same time in the same direction in the elevator shaft. However, this is not necessary in the genetic procedure of the invention, which can be used even with elevator models in which the cars move separately in the same shaft. In this case, of course, the limitations between cars differ considerably from the case where the cars move together.

15

The genetic procedure of the invention is a flexible solution as a control system for elevator groups because

- 20 - the control system can be given complete freedom to use the cars in the elevator group in the best possible manner in any given traffic situation because the controller is not bound to follow any predetermined control strategy,
- 25 - on the other hand, the procedure of the invention is capable of implementing all known principles applied in double-deck group control by limiting the use of the cars by the controller in serving landing calls, in accordance with a desired strategy,
- 30 - the behaviour of the elevator group can be easily influenced by selecting a desired optimisation criterion, such as e.g. waiting time, energy consumption or a combination of these,
- the procedure is capable of utilising traffic information produced by traffic forecasts,

35

- the choice between different control principles and optimisation criteria can easily be made available to the user,
- the procedure can be used to control elevator groups comprising any numbers of single-deck, double-deck and triple-deck elevators.

In the following, the invention will be described in detail by referring to the attached drawings, wherein

10

- Fig. 1 is diagram representing a multi-deck control system according to the invention,
- Fig. 2 illustrates the formation of the gene structure of a chromosome in a certain type of traffic situation,
- Fig. 3 presents a population of different control chromosomes for the traffic situation represented by Fig. 2, and
- Fig. 4 represents a service configuration in the case of a certain type of double-deck elevator group.

20

The main blocks of a genetic multi-deck control system as illustrated by Fig. 1 are a preliminary data processing system and a genetic decision-making mechanism consisting of a genetic algorithm, an elevator model and one or more cost functions. The arrows between the components represent the flow of information.

25

The genetic procedure of the invention aims at finding the best control decision optimised for the traffic situation prevailing at the current instant. The optimisation is performed among a set of possible alternative solutions, taking various limitations into account. The set of alternative solutions is also called search expanse. In practice, the search expanse indicates which combinations of control decisions are feasible, i.e. in genetic multi-deck control it indicates

35

e.g. which ones of the elevators can be used to serve passengers on each floor with landing calls active. For example, if there is one landing call and three double-deck elevators, i.e. six cars to serve it, then the
5 size of the search expanse, i.e. the number of combinations of control decisions will be six different alternatives.

The size of the search expanse depends on various types
10 of limitations, such as settings locking out certain floors, which are used to alter the ability of the elevators to serve different floors in the building at different times of the day. In this case the elevators in question reduce the size of the search expanse, i.e.
15 the number of alternative solutions. The size of the search expanse is also limited by different types of multi-deck strategy that the customer can use to define the manner in which the multi-deck elevators are to be operated. Some of the multi-deck elevators may be used
20 e.g. as shuttle elevators and some as a sort of sub-groups to serve different parts or zones of the building.

Thus, the search expanse is used to inform the decision-making mechanism about the service capability of
25 the elevators. Optimisation in the search expanse is performed by means of a genetic algorithm by developing a set of control decisions towards an optimal solution. Each alternative solution generated by the genetic algorithm is input to an elevator model, which may comprise single-deck, double-deck or triple-deck elevator models, depending on the elevator group available. From
30 the elevator model, the fitness of the alternative solutions is returned as a cost value via cost functions back to the genetic algorithm. The cost value or fitness value is used in the optimisation to order the alternative solutions according to fitness when the al-

ternative solutions to be used in the generation of the next population are being selected.

The elevator model comprises general rules of behaviour for the elevator group and the elevators belonging to it in the form of patterns describing e.g. how the passengers generally expect the elevator to behave in serving landing calls and car calls. For example, the elevator must serve all its car calls before it can reverse its direction. In addition to the general rules of behaviour, the elevator model also comprises patterns of interactions between multi-deck cars arising from control actions, such as stopping, opening the car doors, departing from a floor, etc.

The elevator model provides the information needed by the cost functions, which information serves as a basis on which the final fitness of each alternative solution is determined by appropriately weighting different cost factors. The most commonly used cost factors or optimisation criteria include e.g. call and waiting times, which are to be minimised. The user can change the optimisation criteria via a user interface. Once an allocation decision that meets certain criteria has been achieved, the elevators in the elevator group are controlled in accordance with this decision.

Fig. 2 illustrates the principle of forming a chromosome for the prevailing traffic situation. This example does not take into account any anticipated landing calls likely to be activated. The starting situation in the building is that there are two landing calls in the up direction and three landing calls in the down direction. All the elevators are standing still without a direction assignment.

The first task is to define the chromosome structure and the search expanse. Since the number of car genes is equal to the number of landing calls, the chromosome will have five car genes. Each elevator is without a
 5 direction assignment, so the chromosome will have three direction genes. It is to be noted that since the purpose of a gene is identified by its position, the genes may be placed in optional order. In the figure, the logical gene sequence adopted, starting from the top,
 10 is floor-specific landing calls in the up direction, landing calls in the down direction, followed by elevator-specific direction genes. Next to each gene, the figure shows their alleles or the alternative values that each gene may have in this case.

15 As for the car genes, if each individual car is able to serve the landing call indicated by the gene, the number of alleles will be equal to the total number of cars. Thus, in the elevator group in the figure, the
 20 car genes have six alternative values, i.e. cars able to serve. Limitations of service, such as locking settings, are taken into account so that if one of the cars is for some reason unable to serve a landing call, then it will not be included among the alternatives. In
 25 the case of direction genes, the number of alleles is two, up and down, except for the terminal floors for the elevators, which may be either physical or logical terminal floors, depending on the configuration of the elevator group regarding service and locking settings.

30 Fig. 3 elucidates the chromosome structure in the example in Fig. 2 with a few control chromosome realisations, in which one chromosome corresponds to one control decision alternative. The genes are placed in the
 35 same sequence in the chromosome as in Fig. 2, starting from upward landing calls. The content of the car genes in the chromosomes indicate which one of the cars is to

serve the landing call corresponding to the gene position while the direction genes indicate the direction in which each elevator is going to start out to serve landing calls.

5

As an example, let us have a closer look at the data contained in the first chromosome. According to this chromosome, the first elevator is to serve both of the upward landing calls using its upper car, i.e. car 2.

10 The direction gene for the elevator also indicates the up direction. The second elevator is to serve two of the downward landing calls from the higher floors using its lower car 3, and its direction gene also indicates the down direction. The third elevator in the group is
15 to serve the lowest downward landing call. A cost value descriptive of the fitness of this control action is computed using a double-deck elevator model and a cost function. Although the control decision alternative presented here as an example may seem to be a good one
20 at first sight, evolution of the set of chromosomes may still lead to a better solution. Remember that the best control chromosome obtained after evolution will provide the final control decision for the elevator group.

25 Genetic multi-deck group control differs from traditional double-deck group control e.g. in that the principle is expressly that the system is adaptable and strives at an optimal solution in the prevailing circumstances by utilising the resources available. Via a
30 pre-programmed user interface, the possibility of setting limitations can be made available to the user as well.

Fig. 4 visualises the flexibility of the controller in
35 respect of service optimisation of the elevator group, in which the customer or the person responsible for smoothness of the traffic in the building can freely

develop different ways and strategies for serving the passengers e.g. via a graphic user interface. Thus, the function left to the group controller is to find the best control decision for the momentary traffic situation within the framework of these circumstances. This principle also enables the group controller to immediately respond to changes in the use of the building according to a new service configuration.

Fig. 4 represents an elevator group comprising four double-deck elevators. As seen from left to right in the figure, the first elevator may serve all floors using both of its cars, except for the terminal floors. The second elevator may serve odd floors using its lower car and even floors using its upper car. The third elevator serves the lower part of the building using both of its cars, with the exception of the lowest and highest floors served by it. The service configuration of the fourth double-deck elevator in the group is an example of a shuttle-type implementation, in other words, the elevator serves passengers traveling to or from floors in the middle and top parts of the building. All the elevators work under the same group controller.

In the foregoing, the invention has been described by way of example while different embodiments are possible within the framework of the inventive idea defined by the claims.

CLAIMS

1. Genetic procedure for the allocation of calls issued via landing call devices of elevators comprised in a multi-deck elevator group, characterised in that

- a multi-deck elevator model is formed in which the limitations of and rules of behaviour for each elevator in the multi-deck elevator group and each car of each elevator are defined,
- a plurality of allocation options, i.e. chromosomes are formed, each of which contains a car data item and an elevator direction data item for each active landing call, and these data, i.e. genes, together define a car to serve each landing call as well as a collective control direction for the elevator,
- for each chromosome, a fitness function value is determined,
- one or more of the chromosomes are selected, which are then altered in respect of at least one gene,
- fitness function values are determined for the new chromosomes,
- the process of altering the chromosomes, selecting chromosomes and determining fitness functions is continued until a termination criterion is met,
- based on the fitness function values, the most suitable chromosome is selected and the calls are allocated to the elevators and cars in the elevator group in accordance with this solution.

30

2. Procedure as defined in claim 1, characterised in that cars belonging to the same elevator are associated with each other in the elevator model.

35 3. Procedure as defined in claim 1, characterised in that, in the multi-deck elevator model, a single-deck elevator model is formed to define the

limitations of and rules of behaviour for single-deck elevators belonging to the elevator group.

4. Procedure as defined in claim 1, characterised in that, in the multi-deck elevator model, a double-deck elevator model is formed to define the limitations of and rules of behaviour for double-deck elevators belonging to the elevator group.

5. Procedure as defined in claim 1, characterised in that, in the multi-deck elevator model, a triple-deck elevator model is formed to define the limitations of and rules of behaviour for triple-deck elevators belonging to the elevator group.

6. Procedure as defined in claim 1, characterised in that the chromosomes to be altered are selected on the basis of their fitness function values.

7. Procedure as defined in claim 1, characterised in that the chromosomes are altered by means of a genetic algorithm via selection, hybridisation and/or mutation.

8. Procedure as defined in claim 1, characterised in that the termination criterion is met when a predetermined fitness function value, number of generations, processing time or a sufficient homogeneity of the population is reached.

9. Procedure as defined in claim 1, characterised in that the elevator model defines rules of behaviour for the elevator and the cars belonging to it.

10. Procedure as defined in claim 1, characterised in that the limitations consist of the number of elevators available together with respective car sizes

and degrees of occupancy, locking settings concerning car calls and landing calls, and service limitations regarding car calls and landing calls, imposed on the elevator cars due to different group control modes and
5 strategies.

11. Procedure as defined in claim 1, character-
ised in that the number of car genes in the chromo-
some varies from one instant to the next according to
10 the number of landing calls active.

12. Procedure as defined in claim 1, character-
ised in that a direction gene for the elevator is
added to the chromosome when no collective control di-
15 rection has been assigned to the elevator.

13. Procedure as defined in claim 1, character-
ised in that the number of car genes in the chromo-
some is influenced by anticipating landing calls likely
20 to be received in the near future.

(57) ABSTRACT

Genetic procedure for the allocation of calls issued via the landing call devices of elevators comprised in a multi-deck elevator group, in which procedure a multi-deck elevator model is formed in which the limitations of and rules of behaviour for each elevator in the multi-deck elevator group and each car of each elevator are defined; a plurality of allocation options, i.e. chromosomes are formed, each of which contains a car data item and an elevator direction data item for each active landing call, and these data, i.e. genes, together define a car to serve each landing call as well as a collective control direction for the elevator; for each chromosome, a fitness function value is determined; one or more of the chromosomes are selected and altered in respect of at least one gene; fitness function values are determined for the new chromosomes; the process of altering the chromosomes, selecting chromosomes and determining fitness functions is continued until a termination criterion is met and, based on the fitness function values, the most suitable chromosome is selected and the calls are allocated to the elevators and cars in the elevator group in accordance with this solution.

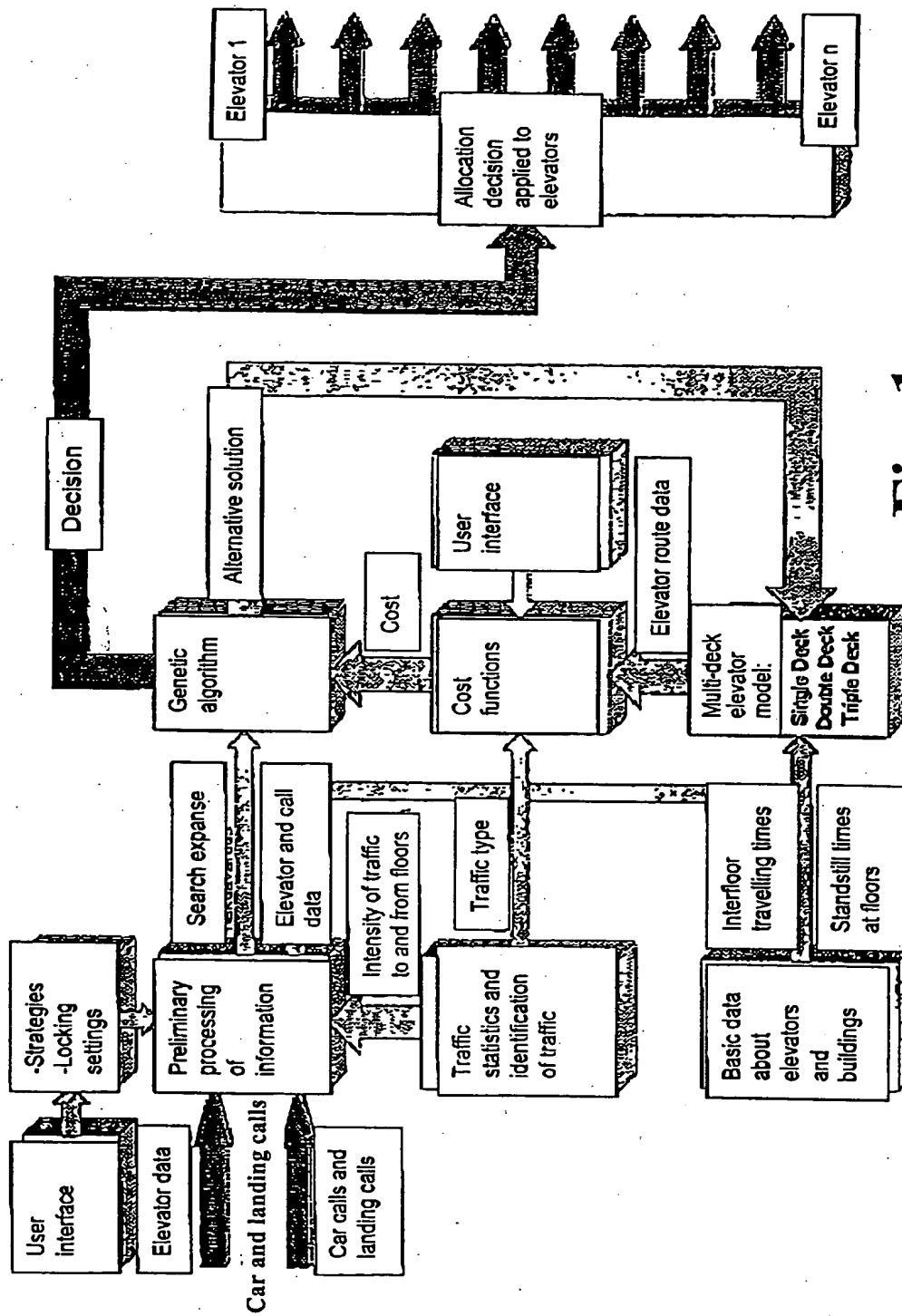


Fig. 1

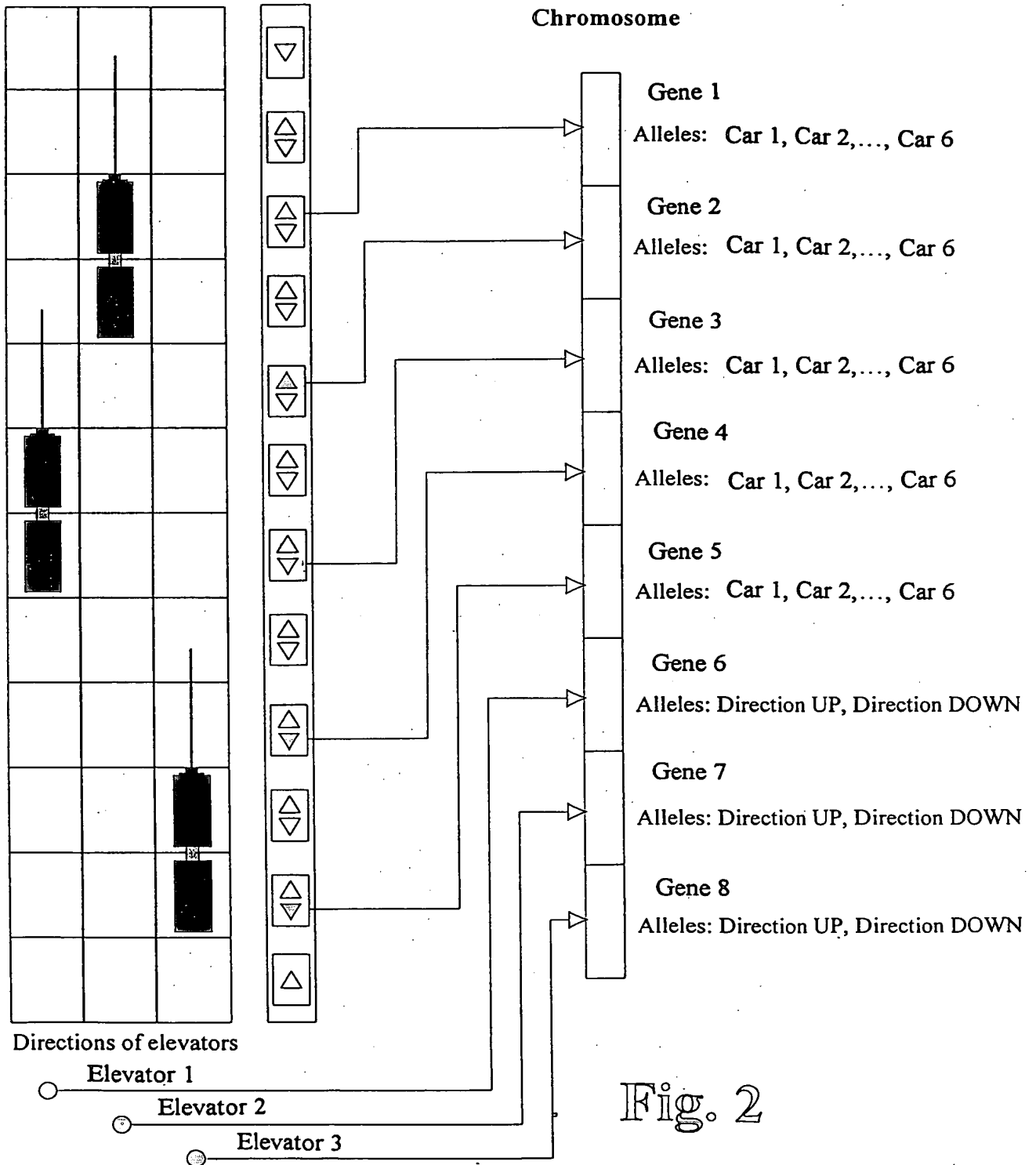


Fig. 2

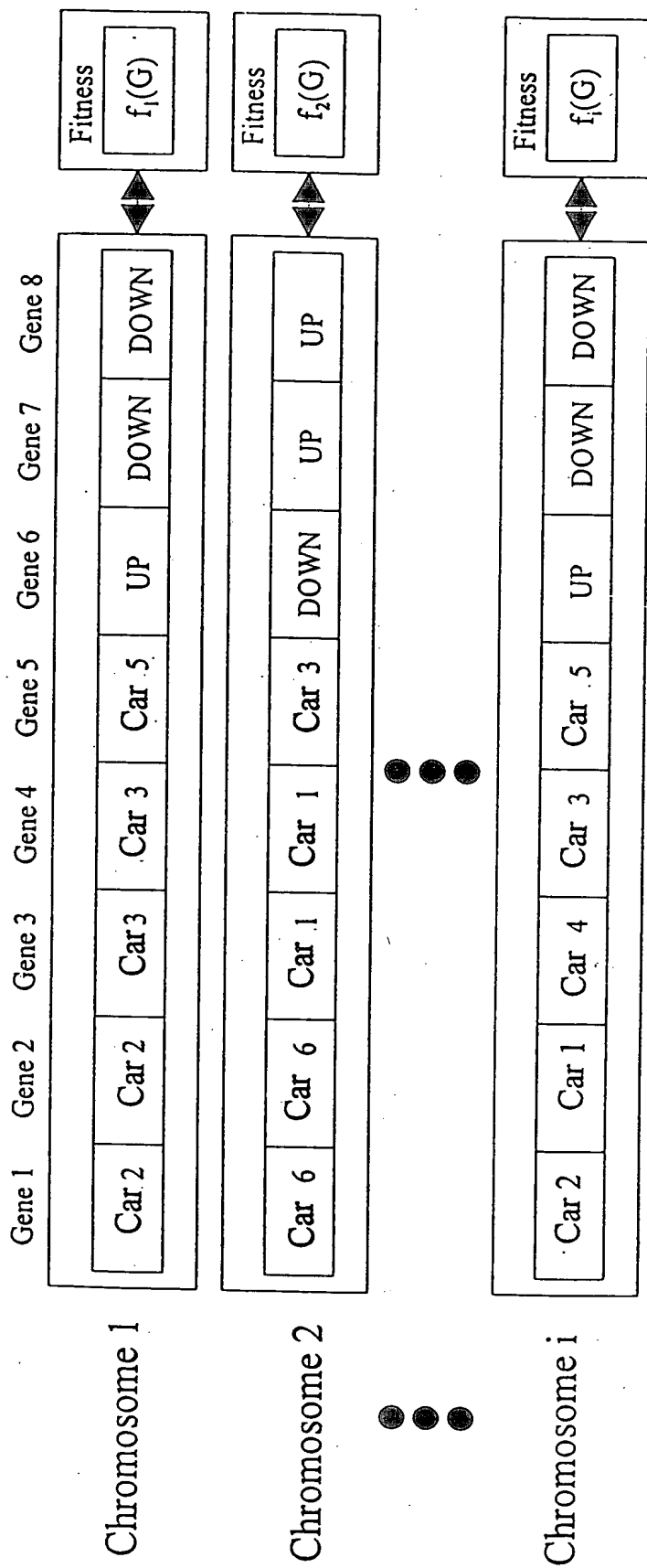


Fig. 3

Upper Car	Upper Car	Locked	Upper Car
Upper Car Lower Car	Lower Car	Locked	Lower Car
Upper Car Lower Car	Upper Car	Locked	Locked
Upper Car Lower Car	Lower Car	Locked	Locked
Upper Car Lower Car	Upper Car	Locked	Locked
Upper Car Lower Car	Lower Car	Locked	Upper Car
Upper Car Lower Car	Upper Car	Upper Car	Upper Car Lower Car
Upper Car Lower Car	Lower Car	Upper Car Lower Car	Lower Car
Upper Car Lower Car	Upper Car	Upper Car Lower Car	Locked
Upper Car Lower Car	Lower Car	Upper Car Lower Car	Locked
Upper Car Lower Car	Upper Car	Upper Car Lower Car	Upper Car
Lower Car	Lower Car	Lower Car	Lower Car

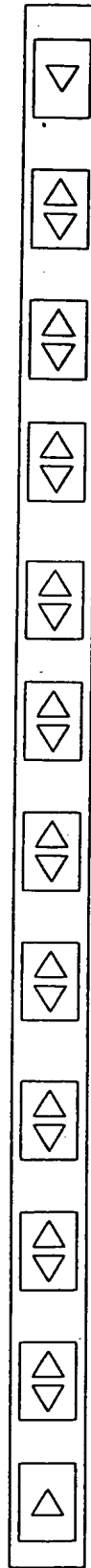


Fig. 4

SUOMI - FINLAND

Patentti No 107379

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

on tänään myöntänyt 15 päivänä joulukuuta 1967 annetun patenttilain siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen nojalla oheisen patenttijulkaisun mukaisen patentin. Patentinhaltijan nimi, keksinnön nimitys ja patenttihakemuksen tekemispäivä käyvät ilmi patenttijulkaisun etusivulta.

Helsingissä, 31. 07. 2001

K. L.





SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT



F I 000107379B

(10) FI 107379 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

31.07.2001

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

B66B 1/20

(21) Patentihakemus - Patentansökning

974613

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

23.12.1997

(24) Alkupäivä - Löpdag

23.12.1997

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

24.06.1999

(73) Haltija - Innehavare

1 •Kone Corporation, Munkkiniemen puistotie 25, 00330 Helsinki, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Ylinen, Jari, Kutojankatu 36, 05800 Hyvinkää, SUOMI - FINLAND, (FI)

2 •Tyni, Tapio, Hyvinkäänkatu 12-14 B 36, 05800 Hyvinkää, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Kone Oyj/Patenttiosasto
PL 677
05801 Hyvinkää

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

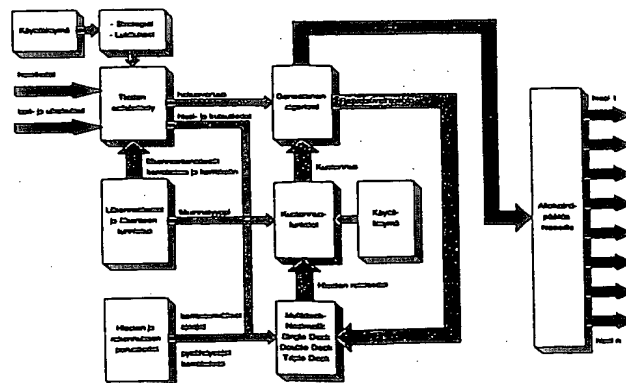
Geneettinen menetelmä hissiryhmän ulkokutsujen allokoimiseksi
Genetiskt förfarande för allokering av yttre anrop till en hissgrupp

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

F I A 951925 (B66B 1/18), EP A 709332 (B66B 1/18)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Geneettinen menetelmä multi-deck-hissiryhmään kuuluvien hissien ulkokutsulaitteilla annettujen kutsujen allokoimiseksi, jossa menetelmässä muodostetaan multideck-hissimalli, jossa määritellään multideck-hissiryhmän hissien ja jokaisen hissien eri korien rajoitteet ja käyttäytymissäännöt; muodostetaan useita allokointioptioita eli kromosomeja, joista kukin sisältää jokaiselle voimassa olevalle ulkokutsulle koritiedon ja hissien suuntatiedon, jotka tiedot eli geenit yhdessä määrittelevät kutakin ulkokutsua palvelevan korin sekä hissien koontasuunnan; kullekin kromosomille määritetään hyvyysfunktion arvo; valitaan yksi tai useampi kromosomi, joita muutetaan ainakin yhden geenin osalta; määritetään uusien kromosomien hyvyysfunktioiden arvot; toistetaan kromosomimuutoksia, valintaa ja hyvyysfunktion määrittäyksiä kunnes lopetuskriteeri täyttyy ja valitaan hyvyysfunktioiden arvojen perusteella sopivin kromosomi ja kohdistetaan tämän ratkaisun mukaiset kutsut hissiryhmän hisseille ja koreille.



Genetiskt förfarande för allokering av de med anropsdon givna anropen till hissarna i en multideck-hissgrupp, i vilket förfarande en multideck-hissmodell bildas, där begränsningar och beteenderegler bestäms för hissarna i multideck-hissgruppen och de olika korgarna i varje hiss; flera allokeringsoptioner eller kromosomer bildas, av vilka envar innehåller data om korg och hissriktning för varje aktivt anrop, vilka data eller gener tillsammans bestämmer den korg som betjänar ett givet anrop samt hissens uppsamlingsriktning; värdet på en godhetsfunktion bestäms för varje kromosom; en eller flera kromosomer väljs och åtminstone en gen i dem ändras; värdet på godhetsfunktionen bestäms för de nya kromosomerna; kromosomändringarna, valen och bestämningen av godhetsfunktionerna upprepas tills avslutningskriteriet uppfylls, och den lämpligaste kromosomen väljs på grundval av godhetsfunktionernas värden och de anrop denna lösning ger allokeras till hissgruppens hissar och korgar.

GENEETTINEN MENETELMÄ HISSIRYHMÄN ULKOKUTSUJEN ALLOKOIMISEKSI

Keksinnön kohteena on patenttivaatimuksen 1 johdanto-osassa määritelty geneettinen menetelmä hissiryhmän ohjaamiseksi.

Kun matkustaja haluaa ajaa hissillä, hän tilaa hissін kerrokseen asennetusta ulkokutsunapista. Hissiryhmän ohjaus vastaanottaa ko. hissін tilauksen ja pyrkii päättämään, mikä hissiryhmään kuuluva hissi pystyy parhaiten palvelemaan kutsun. Tämä toiminta on kutsujen allokointia. Allokoinnin ongelmana on löytää kutsuille ne hissit, jotka minimoivat ennalta valitun kustannusfunktion.

Perinteisesti haettaessa kutsulle sopivaa hissiä päätely tehdään tapauskohtaisesti monimutkaisin ehtorakentein. Koska hissiryhmän tila-avaruus on monimutkainen, tulee ehtorakenteistakin monimutkaisia ja niihin jää helposti aukkoja. Tällöin syntyy tilanteita, joissa ohjaus ei toimi parhaalla mahdollisella tavalla. Samoin on vaikeaa ottaa huomioon koko hissiryhmää kokonaisuutena.

Suomalaisesta patenttihakemuksesta 951925 tunnetaan menetelmä hissiryhmän ulkokutsujen allokoinniseksi, jossa edellä kuvattuja ongelmia on poistettu. Tämä menetelmä perustuu siihen, että muodostetaan useita allokointioptioita eli kromosomeja, joista kukin sisältää jokaiselle voimassa olevalle ulkokutsulle kutsutiedon ja hissitiedon, jotka tiedot yhdessä määrittelevät kutakin ulkokutsua palvelevan hissін. Tämän jälkeen lasketaan kullekin allokointioptiolle kustannusfunktion arvo ja muutetaan toistuvasti yhtä tai useampaa allokointioptiota sen sisältämien yhden tai useamman tiedon osalta ja lasketaan uusien, saatujen allo-

kointioptioiden kustannusfunktioiden arvot. Täten kustannusfunktioiden arvojen perusteella valitaan paras allokointioptio ja voimassa olevat hissikutsut allokoidaan sen mukaisesti hissiryhmän hisseille.

5

Esitetyllä ratkaisulla vähennetään olennaisesti laskentatarvetta verrattuna siihen, että laskettaisiin kaikki mahdolliset reittivaihtoehdot. Tällaiseen geneettiseen algoritmiin perustuvassa menetelmässä hissiryhmää käsitellään kokonaisuutena, jolloin optimoidaan kustannusfunktio koko hissiryhmän tasolla. Optimoinnissa ei tarvitse miettiä yksittäisiä tilanteita ja niistä selviytymistä. Kustannusfunktiota muokkamalla saadaan haluttu toiminta. Voidaan optimoida esimerkiksi matkustajien odotusaikaa, kutsuaikaa, starttien lukumäärää, matkustusaikaa, energian kulutusta, köysien kulumista, yksittäisen hissien ajoa, jos jonkin hissien käyttö on kallista, hissien tasaista käyttöä jne. tai näiden haluttua kombinaatiota.

20

Pyrittäessä yhä lisäämään hissiryhmien tehokkuutta ja kapasiteettia, on alettu kehittää hissejä, joissa samassa kuilussa kulkee kaksi tai jopa kolme koria päällekkäin. Tällöin puhutaan doubledeck- tai tripledeck-hisseistä.

25

Jos tunnetussa tekniikassa ulkokutsuille kohdistettaisiin esimerkiksi pelkkä doubledeck-hissi, tulisi hissien valintapäätöksen jälkeen tehdä toinen päätös siitä, kumpi hissien koreista palvelee ulkokutsun. Jälkimmäisen päätöksen tekeminen vaatii sääntöjä, joiden tulee ottaa huomioon hissiryhmä kokonaisuutena ja joiden on oltava aukottomia, jos ohjauksessa pyritään hakemaan optimiratkaisua halutun, muutettavissa olevan kustannusfunktion suhteen. Tämän lisäksi valintasäännösten tulee soveltua käytettäväksi sellaisenaan mihin tahansa hissiryhmäkokoontamiseen ja liikennetilanteeseen.

35

seen.

Keksinnön tarkoituksena on poistaa edellä mainitut epäkohdat. Erityisesti keksinnön tarkoituksena on tuoda esiin uudenlainen menetelmä, joka mahdollistaa multideck-hissiryhmään kuuluvien hissien ulkokutsulaitteilla annettujen kutsujen allokoimisen. Multideck-hissiryhmällä tarkoitetaan tässä yhteydessä hissiryhmää, johon kuuluu ainakin yksi monikorinen hissi, mahdollisesti useita yksikorisia, kaksikorisia ja kolmekorisia hissejä samassa hissiryhmässä.

Keksinnölle tunnusomaisten seikkojen osalta viitataan vaatimusosaan.

15 Keksinnön mukainen geneettinen multideck-ryhmäohjausmenetelmä perustuu siihen oivallukseen, että vaikka samaan hissiin kuuluu useita koreja, voidaan korit aluksi ajatella erillisiksi, jolloin kullekin
20 ulkokutsulle etsitään sitä palveleva kori. Tämän ansiosta vältytään tekemästä edellä mainittuja kahden tason päätöksiä. Koska samassa hississä olevat korit eivät kuitenkaan ole toisistaan riippumattomia, tulee niiden välinen vuorovaikutus huomioonotetuksi viettäessä koriratkaisuvaihtoehto multideck-hissimalliin, jossa korit liitetään hisseihin, joihin ne kuuluvat..

Keksinnön mukaisessa geneettisessä menetelmässä muodostetaan multideck-hissimalli, jossa määritellään
30 multideck-hissiryhmän hissien ja jokaisen hissien eri korien rajoitteet ja käyttäytymissäännöt. Tämän jälkeen muodostetaan useita allokontioptioita eli kromosomeja, joista kukin sisältää jokaiselle voimassa olevalle ulkokutsulle koritiedon ja hissien suuntatiedon,
35 jotka tiedot eli geenit yhdessä määrittelevät kutakin ulkokutsua palvelevan kori sekä hissien koontasuunnan. Muodostetuille kromosomeille määritetään hyvyysfunktio

on arvot ja kromosomeista valitaan yksi tai useampi, joita muutetaan ainakin yhden geenin osalta. Saatujen uusien kromosomien hyvyysfunktioiden arvot määritetään ja kromosomimuutoksia toistetaan samoin kuin kromosomien valintaa ja hyvyysfunktioiden määrittämiä, kunnes lopetuskriteeri täyttyy. Tämän jälkeen valitaan hyvyysfunktioiden arvojen perusteella sopivin kromosomi ja kohdistetaan tämän ratkaisun mukaiset kutsut hissi-ryhmän hisseille ja koreille.

10

Näin keksinnön mukaisessa multideck-ryhmäohjauksessa päätöksenteko perustuu geneettisellä algoritmilla tapahtuvaan reittioptimointiin. Reittioptimoinnissa jokainen ulkokutsu tulee palvelluksi. Ongelmana reittioptimoinnissa on ratkaisuvaihtoehtojen eksponentiaalinen kasvu ulkokutsujen lukumäärän kasvaessa. Multideck-järjestelmä lisää edelleen ratkaisuvaihtoehtojen lukumäärää, jos hissejä käsitellään erillisinä koreina. Tämän vuoksi vaihtoehtojen lukumäärä ja laskentatarve kasvavat nopeasti liian suureksi jo pienissäkin multideck-hissiryhmissä. Geneettinen algoritmi vähentää olennaisesti laskentatarvetta, koska se pystyy löytämään ratkaisun käymättä järjestelmällisesti läpi kaikkia ratkaisuvaihtoehtoja. Tämän lisäksi se on luonnostaan rinnakkainen, joten laskenta voidaan hajauttaa usealle prosessorille.

Keksinnön mukainen geneettinen algoritmi operoi joukolla ratkaisuvaihtoehtoja, joiden kykyä ongelman ratkaisemiseksi kehitetään siihen saakka, kunnes optimoinnin lopetuskriteeri täyttyy. Jokaisen ratkaisuvaihtoehdon kyvykkyys tai hyvyys ohjauspäätökseksi riippuu arvosta, jonka se saa, kun se on käsitelty hissimallissa ja sille on laskettu kustannus halutulla kustannusfunktioilla. Lopetuskriteerinä voidaan pitää esimerkiksi saavutettua ennalta määrättyä hyvyysfunktion arvoa, sukupolvimäärää, käsittelyaikaa tai popu-

laation riittävää homogeenisuutta.

Keksinnön mukaisessa optimointimenetelmässä määritetään täten ensiksi hakuavaruus, jossa kuvataan ongelman laajuus ja asetetaan optimoinnin rajoitteet. Resurssit, rajoitteet ja vallitseva liikennetilanne muodostavat yhdessä hissimallin eli toimintaympäristön, jossa ryhmäohjaimen tulee selviytyä mahdollisimman hyvin sille annetun tehtävän mukaisesti. Toimintaympäristöön voi kuulua täten tietyllä ajanhetkellä esimerkiksi hissien lukumäärä korikokoineen ja täyttöasteineen, käyttöihin liittyvät tekijät kuten ajoajat kerrosten välillä, oviajat ja liikennevirrat eri kerroksista ja kerroksiin, päällä olevat ulko- ja korikutsut sekä ryhmäohjauksen aktiivisten erikoistoimintojen asettamat rajoitteet. Myös ennalta annettu tai haluttu ohjausstrategia tai ohjaustapa voi toimia yhtenä rajoittavana tekijänä geneettisen ryhmäohjaimen kannalta.

Edullisesti multideck-ohjauksissa toimintaperiaatteet kiinnitetään ohjaukseen ennalta esimerkiksi kehittämällä säännöt sille, mikä hissikori palvelee vastaan tulevan ulkokutsun tai kehittämällä ohjausstrategioita, kuten esimerkiksi doubledeck-ohjauksessa hissien alemmat korit palvelevat parittomia ja ylemmät korit parillisia kerroksia. Yhteinen tekijä näille ohjaustavoille on se, että päätetään, mitkä multideck-hissien hissikorit voivat palvella tietyn kerroksen ulkokutsun ja näin samalla vaikutetaan ohjaimen joustavuuteen ja sen antamien ohjauspäätösten optimaalisuuteen.

Hakuavaruuden muodostamisen jälkeen luodaan ensimmäinen ratkaisuvaihtoehtojen eli allokointioptioiden joukko, populaatio. Joukkoon voidaan ottaa mukaan myös sekä aikaisempia että muilla menetelmillä tuotettuja ratkaisuja. Koska ensimmäiset allokointioptiot eli

kromosomit voivat olla täysin mielivaltaisesti valittuja, ovat ne tavallisesti varsin eri tasoisia hyvyysarvoltaan. Ensimmäistä joukkoa kutsutaan myös ensimmäiseksi sukupolveksi. Ensimmäistä sukupolvea jalostetaan geneettisin operaatioin, joihin kuuluvat esimerkiksi erilaiset valinta-, risteytys- ja mutaatiotekniikat sekä elitismistrategiat. Näillä tekniikoilla luodaan uusia sukupolvia eli ratkaisuvaihtoehtojoukkoja. Uusille ratkaisuvaihtoehtojoukoille lasketaan kullekin hyvyysfunktion arvot, jonka jälkeen tehdään uusi valinta- ja luomiskierros.

Koska valinta tapahtuu hyvyysfunktioiden arvojen perusteella, toiminnan tuloksena huonot ratkaisut karstiutuvat sukupolvien myötä pois. Samalla paremmissa ratkaisuihin olevat piirteet leviävät ja lisääntyvät koko populaation tasolle synnyttäen näin yhä parempia ohjauspäätöksiä. Ratkaisuvaihtoehtojen jalostamista jatketaan, kunnes optimoinnin lopetuskriteeri täyttyy. Viimeisen luodun sukupolven parhaasta ratkaisuvaihtoehdosta eli kromosomista saadaan sitten geneettisen multideck-ryhmäohjaimen ohjauspäätös kyseiseen liikennetilanteeseen.

Ohjauspäätösvaihtoehdot mallinnetaan geneettisen algoritmin kromosomeiksi, ns. multideck-ohjauskromosomeiksi. Ohjauskromosomi ilmaisee, miten hissiryhmä kokonaisuudessaan palvelee rakennuksen liikennettä tietyllä ajanhetkellä erilaisten rajoitteiden ja resurssien puitteissa. Ohjauskromosomit koostuvat genee-
neistä, joita on kahta tyyppiä: kori- ja suuntageenit. Yhdessä ne kertovat, mikä hissiryhmän kori palvelee kunkin ulkokutsun ja mistä suunnasta paikallaan seiso-
vat, ilman suuntaa olevat hissit alkavat ensiksi pal-
vella niille tai niiden yksittäisille koreille kohdis-
tettuja ulkokutsuja.

Korigeenin arvo ilmaisee, mikä multideck-hissiryhmän hissikori palvelee geeninä vastaavan ulkokutsun. Pää-
töksenteossa geenin vaihtoehtoiset arvot eli alleelit
ja arvoalue riippuvat siitä, mitkä hissiryhmän hissien
5 yksittäiset korit kykenevät erilaisten rajoitteiden
kuten kerroslukitusten vallitessa palvelemaan kyseisen
ulkokutsun. Korigeenien lukumäärä kromosomissa vaihte-
lee ajanhetkittäin riippuen annettujen, päällä olevien
ulkokutsujen lukumäärästä. Lukumäärään voi lisäksi
10 vaikuttaa lähitulevaisuuden todennäköiset, ennakoidut
ulkokutsut.

Kun hissillä ei ole koontasuuntaa, on tehtävä päätös
siitä, lähteekö hissi ensiksi ylös- vai alassuuntaan
15 palvellakseen sille kohdistettuja ulkokutsuja. Suunta-
päätös vaikuttaa ryhmäohjauksen palvelukykyyn ja pää-
töksenteon tulee riippua vähintäänkin nykyisestä lii-
kennetilanteesta. Hissin suuntageeni otetaan mukaan
kromosomiin, kun pitää päättää, mihin suuntaan vapaa
20 hissi lähtee sille kohdistettuja kutssuja palvelemaan.
Kun päätös tehdään samanaikaisesti yhdessä koripäätös-
ten kanssa, ohjaimella on suurempi vapaus ja siten
myös suurempi todennäköisyys tehdä parempia ohjauspää-
töksiä verrattuna siihen, että suuntapäätökset muodos-
25 tettaisiin etukäteen erilaisten sääntöjen avulla. Li-
säksi kokonaisuus tulee huomioiduksi automaattisesti.

Ohjauskromosomi eli yksi päätösvaihtoehto koostuu ko-
ri- ja suuntageeneista. Liikennetilanteessa tulee mää-
30 rittää molempien geenien lukumäärä kromosomissa ja
geenien alleelit eli vaihtoehtoiset arvot. Tällöin
myös samalla saadaan niiden arvoalueet. Kromosomiin
liittyy tietoa, josta ohjauspäätös tunnistetaan. Gee-
nin positio kromosomissa vastaa päällä olevaa tai lä-
35 hitulevaisuudessa ilmestyvää ulkokutsua tai hissikoh-
taista suuntageeniä. Riippuen geenityypistä sen sisäl-
tö vastaa, mikä multideck-hissin kori kyseisen ulko-

kutsun palvelee tai mistä suunnasta hissi aloittaa ulkokutsujen palvelun. Kromosomien geenien sisällöt, arvot, vaikuttavat siihen, kuinka hyvin kromosomi ratkaisee ohjausongelman.

5

Keksinnön mukaisessa menetelmässä käytettävä multi-deck-hissimalli voi sisältää singledeck-hissimallin, jossa määritellään yksikoristen hissien rajoitteet ja käyttäytymissäännöt, doubledeck-hissimallin, jossa
10 määritellään kaksikoristen hissien rajoitteet ja käyttäytymissäännöt sekä tripledeck-hissimallin, jossa määritellään kolmikoristen hissien rajoitteet ja käyttäytymissäännöt. Yleensä doubledeck- ja tripledeck-hissimalleissa edellytetään, että hissien eri korit
15 ovat kiinteässä yhteydessä toisiinsa eli liikkuvat aina samanaikaisesti samaan suuntaan kuilussa. Tämä ei kuitenkaan keksinnön mukaisessa geneettisessä menetelmässä ole välttämätöntä, vaan sitä voidaan käyttää myös multideck-hissimalleissa, joissa korit liikkuvat
20 erillisinä samassa kuilussa. Tällöin tietenkin korien väliset rajoitteet ovat huomattavasti erilaisia kuin silloin, kun korit liikkuvat yhdessä.

Keksinnön mukainen geneettinen menetelmä muodostaa
25 joustavan ratkaisun hissiryhmien ohjausjärjestelmäksi, koska

- ohjaukselle voidaan antaa vapaus käyttää hissiryhmän koreja parhaalla mahdollisella tavalla kulloissakin liikennetilanteessa, jolloin ohjain ei ole
30 sidottu mihinkään ennalta määrättyyn ohjausstrategiaan,
- toisaalta keksinnön mukaisella menetelmällä voidaan toteuttaa kaikki tunnetut doubledeck-ryhmäohjauksissa sovelletut periaatteet rajoittamalla ohjaimen korien käyttöä ulkokutsujen palvelussa halutun strategian mukaisesti,
35

- hissiryhmän käyttäytymiseen voidaan helposti vaikuttaa valitsemalla haluttu optimointikriteeri, kuten esimerkiksi odotusaika, energian kulutus tai niiden kombinaatio,
 - 5 - menetelmässä pystytään hyödyntämään hissiryhmien liikenne-ennusteiden tuottamaa liikenneinformaatiota,
 - eri ohjausperiaatteiden ja optimointikriteerien valintaa voidaan helposti tuoda käyttäjän ulottuville
 - 10 ja
 - menetelmällä voidaan ohjata hissiryhmiä, joissa on vapaavalintaiset määrät singledeck-, doubledeck- ja tripledeck-hissejä.
- 15 Seuraavassa keksintöä selostetaan yksityiskohtaisesti oheisten piirustusten avulla, joissa
- kuva 1 esittää kaaviota keksinnön mukaisesta geneettisestä multideck-ohjausjärjestelmästä,
 - 20 - kuva 2 esittää kromosomin geenirakenteen muodostumista tietynlaisessa liikennetilanteessa,
 - kuva 3 esittää populaatiota erilaisia ohjauskromosomeja kuvan 2 liikennetilanteeseen ja
 - kuva 4 esittää tietynlaisen doubledeck-hissiryhmän
 - 25 palvelukonfiguraatiota.

Kuvan 1 mukaisen geneettisen multideck-ohjauksen päälohkot ovat tiedon esikäsittelyjärjestelmä sekä varsinainen geneettinen päätöksentekokoneisto koostuen geneettisestä algoritmista, hissimallista ja yhdestä tai

30 useammasta kustannusfunktioista. Nuolet komponenttien välillä kuvaavat tietovirtoja.

Keksinnön mukaisen geneettisen menetelmän tarkoituksena on etsiä paras, optimoitu ohjauspäätös hetkittäiseen liikennetilanteeseen. Optimointi suoritetaan mahdollisten ratkaisuvaihtoehtojen joukossa, jossa eri-

35

laiset rajoitteet otetaan huomioon. Ratkaisuvaihtoehtojen joukkoa kutsutaan myös hakuavaruudeksi. Hakuavaruus kertoo käytännössä sen, mitkä ohjauspäätöskombinaatiot ovat mahdollisia, eli geneettisessä multideck-ohjauksessa mm. sen, mitä hissejä matkustajien palvelemisessa voidaan käyttää kussakin ulkokutsukerroksesta. Esimerkiksi, jos ulkokutsuja on yksi ja sen voi palvella kolme doubledeck-hissiä eli kuusi koria, saadaan hakuavaruuden kooksi eli ohjauspäätöskombinaatioiden lukumääräksi kuusi eri vaihtoehtoa.

Hakuavaruuden kokoon vaikuttavat eri tyyppiset rajoitukset kuten lukitukset, joilla vaikutetaan hissien kykyyn palvella rakennuksessa olevia kerroksia eri vuorokauden aikoina. Tällöin kyseiset hissit pienentävät hakuavaruuden kokoa eli ratkaisuvaihtoehtojen lukumäärää. Hakuavaruuden kokoa rajoittavat myös eri tyyppiset multideck-ohjausstrategiat, joilla asiakas voi määritellä, kuinka hän haluaa ajeluttaa multideck-hissejä. Osa multideck-hisseistä voi esimerkiksi toimia shuttle-hisseinä ja osa eräänlaisina alaryhminä palvellen rakennuksen eri osia tai vyöhykkeitä.

Hakuavaruutta käytetään siis ilmoittamaan päätöksentekokoneistolle hissien palvelukyky. Optimointi hakuavaruudessa suoritetaan geneettisen algoritmin keinoin kehittämällä joukkoa ohjauspäätöksiä kohti optimiratkaisua. Jokainen geneettiseltä algoritmiltä saatu ratkaisuvaihtoehto viedään hissimallille, joka voi sisältää singledeck-, doubledeck- tai tripledeck-hissimalleja käytettävissä olevan hissiryhmän mukaan. Hissimallilta ratkaisuvaihtoehtojen hyvyys palautuu kustannusarvona kustannusfunktioiden kautta takaisin geneettiselle algoritmille. Kustannusarvoa eli hyvyysarvoa käytetään optimoinnissa asettamaan ratkaisuvaihtoehdot paremmuusjärjestykseen valittaessa seuraavan sukupolven muodostamisessa käytettäviä ratkaisuvaihtoehtoja.

Hissimallissa mallinnetaan mm. hissiryhmän ja ryhmässä olevien hissien yleiset käyttäytymissäännöt, kuten esim. kuinka matkustajat yleisesti odottavat hissien käyttäytyvän ulko- ja korikutsujen palvelussa. Yksi
5 esimerkki tästä on se, että hissien täytyy palvella kaikki korikutsunsa ennen kuin se pystyy kääntämään suuntansa toiseksi. Yleisten käyttäytymissääntöjen lisäksi hissimallissa mallinnetaan myös multideck-korien väliset vuorovaikutukset, jotka juontuvat ohjaustoi-
10 menpiteistä, kuten pysähdyksistä, korien ovien availuista, liikkeelle lähdöistä yms.

Hissimallissa saadaan kustannusfunktioiden tarvitsemat
15 tiedot, joiden perusteella ratkaisuvaihtoehdon lopullinen hyvyys määritetään sopivasti painottamalla eri kustannustekijöitä. Tavallisimmin käytettyjä kustannustekijöitä eli optimointikriteereitä ovat esimerkiksi kutsu- ja odotusajat, joita pyritään minimoimaan.
20 Käyttäjä voi halutessaan muuttaa optimointikriteeriä käyttöliittymän kautta. Kun tietyt kriteerit täyttävä allokointipäätös on saatu aikaan, ohjataan hissiryhmän hissejä tämän päätöksen mukaisesti.

25 Kuva 2 esittää kromosomin periaatteellista muodostamista vallitsevaan liikennetilanteeseen. Tulevaisuuden todennäköisiä päälle tulevia ulkokutsuja ei tässä tapauksessa huomioida. Alkutilanteena rakennuksessa on kaksi ulkokutsua ylöspäin ja kolme ulkokutsua alas-
30 päin. Kaikki hissit seisovat paikoillaan ilman suuntaa.

Ensimmäisenä tehtävänä on määrittää kromosomin rakenne ja hakuavaruus. Koska korigeenien lukumäärä on sama
35 kuin ulkokutsujen lukumäärä, korigeeneja kromosomiin tulee viisi. Jokainen hissi on vailla suuntatietoa, joten suuntageeneja kromosomiin tulee kolme kappalet-

- ta. On huomattava, että koska geenin tarkoitus tunnistetaan sen positiosta, niiden järjestys voi olla vaapaavalintainen. Kuvassa geenien loogiseksi järjestykseksi on annettu ylhäältä lukien kerroskohtaiset ulkokutsut ylöspäin, ulkokutsut alaspäin, joita seuraa hissi-kohtaiset suuntageenit. Kuvassa geenien viereen on merkitty niiden alleelit eli vaihtoehtoiset arvot, jotka geenin on mahdollista tässä tapauksessa saada.
- 10 Jos korigeenien tapauksessa jokainen yksittäinen kori voi palvella geenin ilmaiseman ulkokutsun, alleelien lukumääräksi tulee korien yhteislukumäärä. Kuvan ryhmässä korigeeneilla on siten kuusi vaihtoehtoista arvoa eli palvelemaan kykenevää koria. Palvelurajoitteet, kuten esimerkiksi lukitukset huomioidaan siten, että jos jokin kori ei voi jostain syystä palvella ulkokutsua, sitä ei oteta vaihtoehtoihin mukaan. Suuntageenien tapauksessa alleelien lukumäärä on kaksi, ylös ja alas, lukuunottamatta hissin päätekerroksia, jotka
- 15 20 voivat olla joko fyysisiä tai loogisia päätekerroksia riippuen hissiryhmän palvelu- ja lukituskonfiguraatiosta.
- Kuvassa 3 havainnollistetaan kuvan 2 esimerkin kromosomirakennetta muutamalla ohjauskromosomirealisaatiolla, jossa yksi kromosomi vastaa yhtä ohjauspäättövaihtoehtoa. Geenien järjestys kromosomeissa on sama kuin kuvassa 2 alkaen ylöspäin olevista ulkokutsuista. Kromosomeissa olevien korigeenien sisältä voidaan lukea,
- 25 30 mikä koreista tulee palvelemaan geenin positiota vastaavan ulkokutsun ja suuntageeneistä saadaan luetuksi jokaisen hissin suunta, johon hissit alkavat ensiksi ulkokutsuja palvella.
- 35 Esimerkkinä katsotaan tarkemmin ensimmäisen kromosomin tietoja. Kromosomin mukaan ensimmäinen hissi palvelee ylemmällä korillaan eli korilla 2 molemmat ylöspäin

olevat ulkokutsut. Hissin suuntageeni on lisäksi ylöspäin. Toiselle hissille on annettu palveltavaksi kaksi ylintä alassuuntaan olevaa ulkokutsua, jotka se palvelee alemmalla korillaan eli korilla 3, myös suunta on
5 alaspäin. Ryhmän kolmas hissi palvelee alemmalla korillaan eli korilla 5 alimman alassuuntaan olevan ulkokutsun. Tälle ohjaustoimenpiteelle lasketaan double-deck-hissimallin ja kustannusfunktion avulla kustannus, joka kuvaa sen hyvyttä. Vaikka esimerkkinä oleva
10 ohjauspäätösvaihtoehto vaikuttaa peukalotuntumalta hyvältä, saattaa kromosomijoukon evoluution seurauksena löytyä vielä parempi ratkaisu. Muistetaan, että evoluution jälkeen parhaasta ohjauskromosomista saadaan lopuksi hissiryhmälle ohjauspäätös.

15 Geneettinen multideck-ryhmäohjaus poikkeaa perinteisestä doubledeck-ryhmäohjauksista mm. siinä, että sen ajatuksena on nimenomaan sopeutumiskyky ja pyrkimys optimaalisuuteen kulloisissakin olosuhteissa hyödyntämällä käytettävissä olevia resursseja. Rajoitteiden
20 asettaminen voidaan tuoda ennalta ohjelmoidun käyttöliittymän kautta myös käyttäjän ulottuville.

Kuvassa 4 havainnollistetaan ohjaimen joustavuutta
25 hissiryhmän palvelukonfiguroinnin osalta, jossa asiakas tai rakennuksen liikenteen sujuvuudesta vastuussa oleva henkilö voi kehittää vapaasti erilaisia tapoja ja strategioita matkustajien palvelemiseksi esimerkiksi graafisen käyttöliittymän kautta. Ryhmäohjaimen
30 tehtäväksi siten jää parhaan ohjauspäätöksen etsintä hetkittäiseen liikennetilanteeseen näiden olosuhteiden puitteissa. Periaate mahdollistaa myös sen, että rakennuksen käytön muuttuessa ryhmäohjain kykenee vastaamaan siihen välittömästi uuden palvelukonfiguraation mukaisesti.
35

Kuva 4 esittää hissiryhmää, johon kuuluu neljä double-

deck-hissiä. Vasemmalta lukien ensimmäinen doubledeck-hissi voi palvella jokaisella korillaan kaikki kerrokset lukuunottamatta päätykerroksia. Toinen hissi voi palvella alemmalla korillaan parittomia ja ylemmällä korillaan parillisia kerroksia. Kolmas hissi palvelee rakennuksen alaosa molemmilla koreillaan poikkeuksena sen palvelema alin ja ylin kerros. Hissiryhmän neljännen doubledeck-hissin palvelukonfiguraatio on esimerkiksi shuttle-toteutuksesta eli hissi palvelee rakennuksen keski- ja ylimpään osaan matkustavia ja sieltä tulevia henkilöitä. Kaikki hissit toimivat saman ryhmäohjaimen alaisuudessa.

Edellä keksintöä on selostettu esimerkinomaisesti sen eri sovellusten ollessa mahdollisia patenttivaatimusten rajaaman keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Geneettinen menetelmä multideck-hissiryhmään kuuluvien hissien ulkokutsulaitteilla annettujen kutsujen
5 allokoimiseksi, t u n n e t t u siitä, että

- muodostetaan multideck-hissimalli, jossa määritellään multideck-hissiryhmän hissien ja jokaisen hissin eri korien rajoitteet ja käyttäytymissäännöt,
- 10 - muodostetaan useita allokontioptioita eli kromosomeja, joista kukin sisältää jokaiselle voimassa olevalle ulkokutsulle koritiedon ja hissin suuntatiedon, jotka tiedot eli geenit yhdessä määrittelevät kutakin ulkokutsua palvelevan korin sekä hissin
15 koontasuunnan,
- kullekin kromosomille määritetään hyvyysfunktion arvo,
- valitaan yksi tai useampi kromosomi, joita muutetaan ainakin yhden geenin osalta,
- 20 - määritetään uusien kromosomien hyvyysfunktioiden arvot,
- toistetaan kromosomimuutoksia, valintaa ja hyvyysfunktion määrittämiä kunnes lopetuskriteeri täyttyy ja
- 25 - valitaan hyvyysfunktioiden arvojen perusteella sopivin kromosomi ja kohdistetaan tämän ratkaisun mukaiset kutsut hissiryhmän hisseille ja koreille.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että multideck-hissimallissa samaan
30 hissiin kuuluvat korit liitetään yhteen.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että multideck-hissimalliin muodostetaan singledeck-hissimalli hissiryhmään kuuluvien yksikoristen hissien rajoitteiden ja käyttäytymissääntö-

35

jen määrittelymiseksi.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että multideck-hissimalliin muodoste-
5 taan doubledeck-hissimalli hissiryhmään kuuluvien kak-
sikoristen hissien rajoitteiden ja käyttäytymissäntö-
jen määrittelymiseksi.

10 5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että multideck-hissimalliin muodoste-
taan tripledeck-hissimalli hissiryhmään kuuluvien kol-
mekoristen hissien rajoitteiden ja käyttäytymissäntö-
jen määrittelymiseksi.

15 6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että muutettavaksi otettavat kromo-
somit valitaan niiden hyvyysfunktioiden arvojen perus-
teella.

20 7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että kromosomeja muutetaan geneetti-
sen algoritmin keinoin valinnalla, risteyttämällä
ja/tai mutaatiolla.

25 8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että lopetuskriteeri täyttyy, kun
saavutetaan ennalta määrätty hyvyysfunktion arvo, su-
kupolvimäärä, käsittelyaika tai populaation riittävä
homogeenisuus.

30 9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että hissimallissa määritellään his-
sin ja siihen kuuluvien korien käyttäytymissännöt.

35 10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että rajoitteina ovat käytettävissä
olevien hissien ja korien lukumäärä korikokoineen ja

täyttöasteineen korin ulko- ja korikutsujen lukitukset sekä erilaisista hissiryhmän ohjaustavoista ja strategioista koreille aiheutuvat kori- ja ulkokutsujen palvelurajoitteet.

5

11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että kromosomin korigeenien lukumäärä vaihtelee ajanhetkittäin päälläolevien ulkokutsujen lukumäärän mukaan.

10

12. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että hissini suuntageeni lisätään kromosomiin, kun hissillä ei ole kiinnitettyä koontasuuntaa.

15

13. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että kromosomin korigeenien lukumäärään vaikutetaan ennakoimalla todennäköisesti lähitulevaisuudessa tulevia ulkokutsuja.

5 PATENTKRAV

1. Genetiskt förfarande för allokering av de med anropsdon givna anropen till hissarna i en multideck-hissgrupp, k ä n n e t e c k n a t a v, att

10

- en multideck-hissmodell bildas, där begränsningar och beteenderegler bestäms för hissarna i multideck-hissgruppen och de olika korgarna i varje hiss,
- flera allokeringsoptioner eller kromosomer bildas, av vilka envar innehåller data om korg och hissriktning för varje aktivt anrop, vilka data eller gener tillsammans bestämmer den korg som betjänar ett givet anrop samt hissens uppsamlingsriktning,
- värdet på en godhetsfunktion bestäms för varje kromosom,
- en eller flera kromosomer väljs och åtminstone en gen i dem ändras,
- värdet på godhetsfunktionen bestäms för de nya kromosomerna,
- kromosomändringarna, valen och bestämningen av godhetsfunktionerna upprepas tills avslutningskriteriet uppfylls och
- den lämpligaste kromosomen väljs på grundval av godhetsfunktionernas värden och de anrop denna lösning ger allokeras till hissgruppens hissar och korgar.

30

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t a v, att i multideck-hissmodellen korgar hörande till samma hiss kopplas ihop.

35

3. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t a v, att en hiss av singledeck-typ bildas i multideck-hissmodellen för att möjliggöra bestämning av de i hissgruppen ingående enkorgiga hissarnas begränsningar och beteenderegler.

40

5

4. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t a v, att en hiss av doubledeck-typ bildas i
multideck-hissmodellen för att möjliggöra bestämning av de
i hissgruppen ingående tvåkorgiga hissarnas begränsningar
10 och beteenderegler.

5. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t a v, att en hiss av tripledeck-typ bildas i
multideck-hissmodellen för att möjliggöra bestämning av de
15 i hissgruppen ingående trekorgiga hissarnas begränsningar
och beteenderegler.

6. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t a v, att de kromosomer som skall ändras utväljs på
20 grundval av värdena hos deras godhetsfunktioner.

7. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t a v, att kromosomerna ändras med hjälp av en
genetisk algoritm genom urval, korsning och/eller en
25 mutation.

8. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t a v, att avslutningskriteriet uppfylls när ett
förutbestämt värde på godhetsfunktionen, antalet genera-
30 tioner eller bearbetningstiden uppnås eller populationen är
tillräckligt homogen.

9. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t a v, att beteendereglererna för hissen med till-
35 hörande korgar bestäms i hissmodellen.

10. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t a v, att begränsningarna utgörs av de tillgängliga
hissarnas och korgarnas antal inklusive korgstorlekar och
40 fyllnadsgrader, låsningar av anrop och destinationsimpulser

5 samt servicebegränsningar av destinations-impulser och
anrop som förorsakas korgarna på grund av hissgruppens
olika styrsätt och strategier.

11. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
10 n a t a v, att antalet korggener i kromosomen varierar
med tiden beroende på antalet aktiva anrop.

12. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t a v, att en gen som anger hissens riktning läggs
15 till kromosomen när hissen inte har en fastlagd
uppsamlingsriktning.

13. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t a v, att antalet korggener i kromosomen påverkas av
20 en prognos av det sannolika antalet anrop inom den närmaste
tiden.

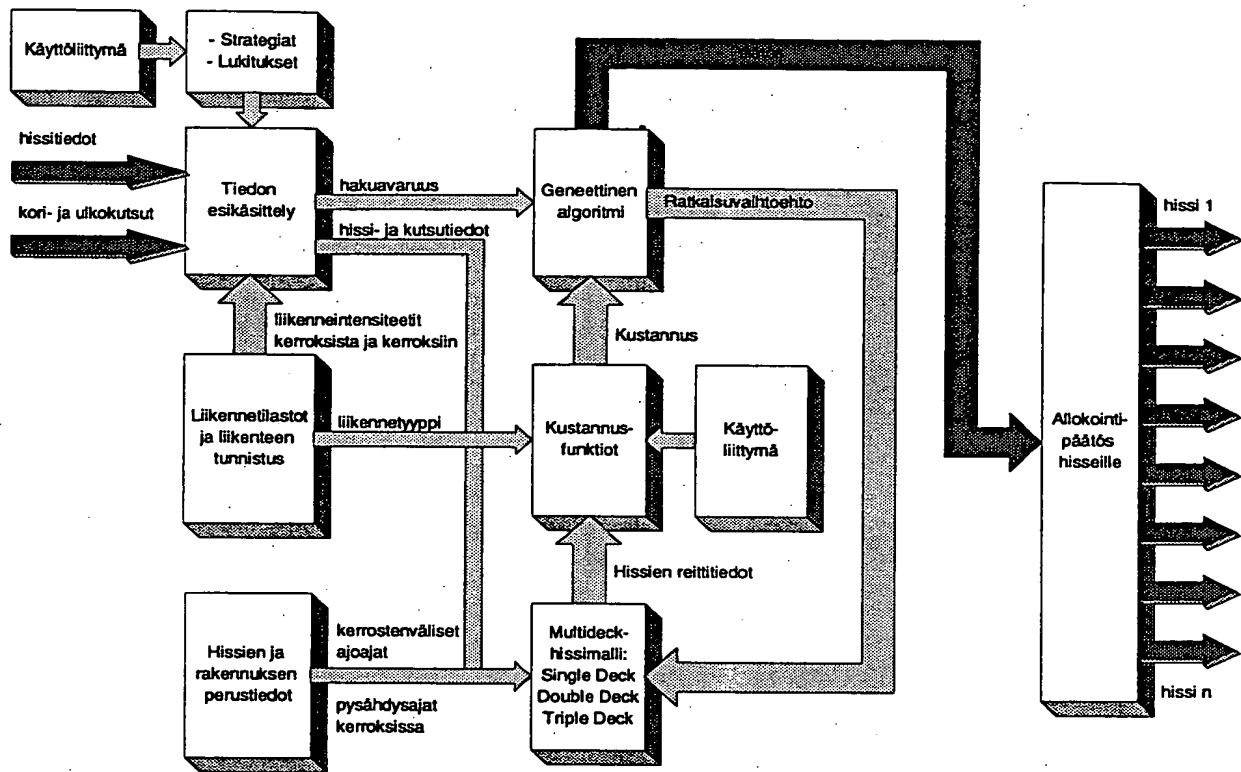
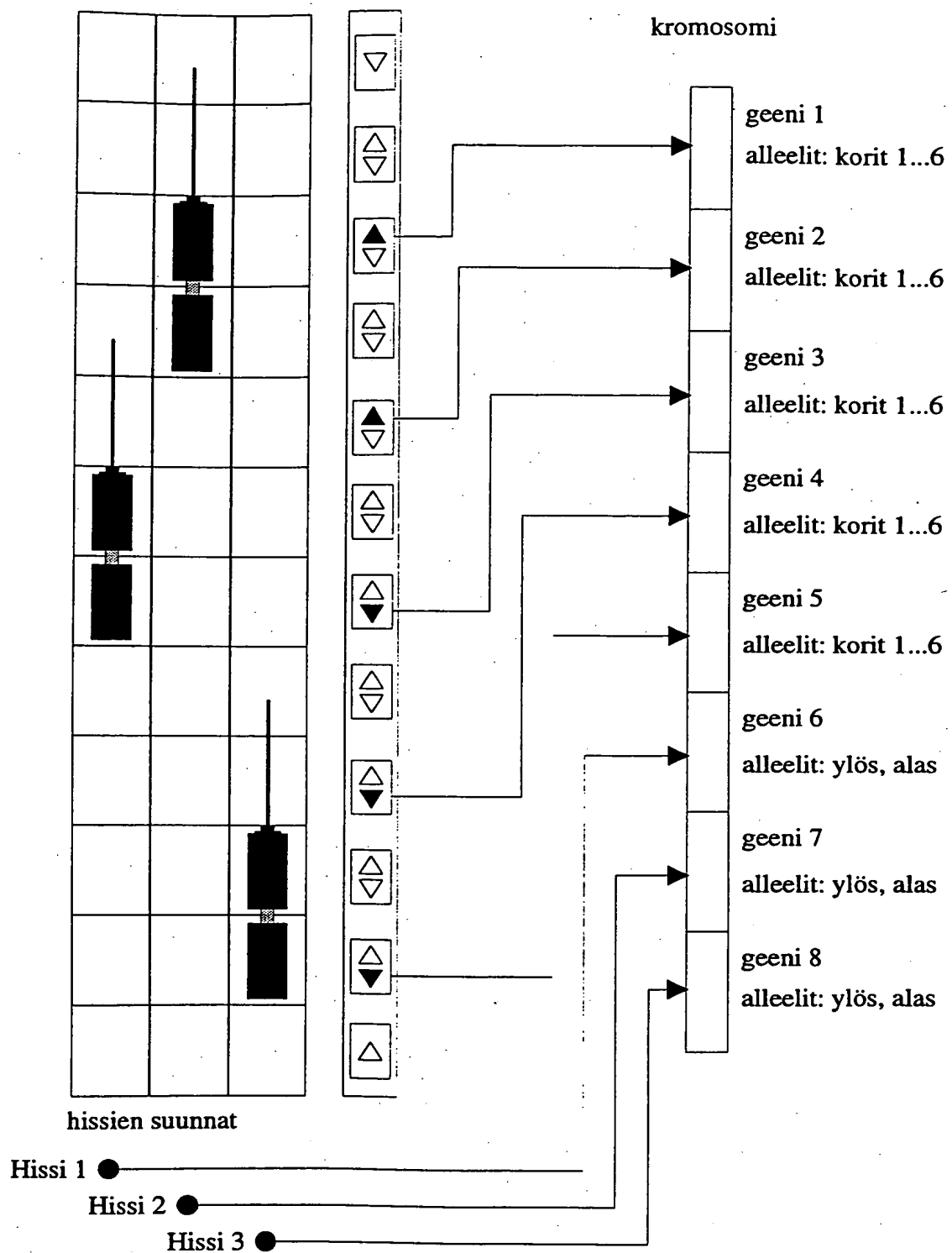


Fig. 1

**Fig 2**

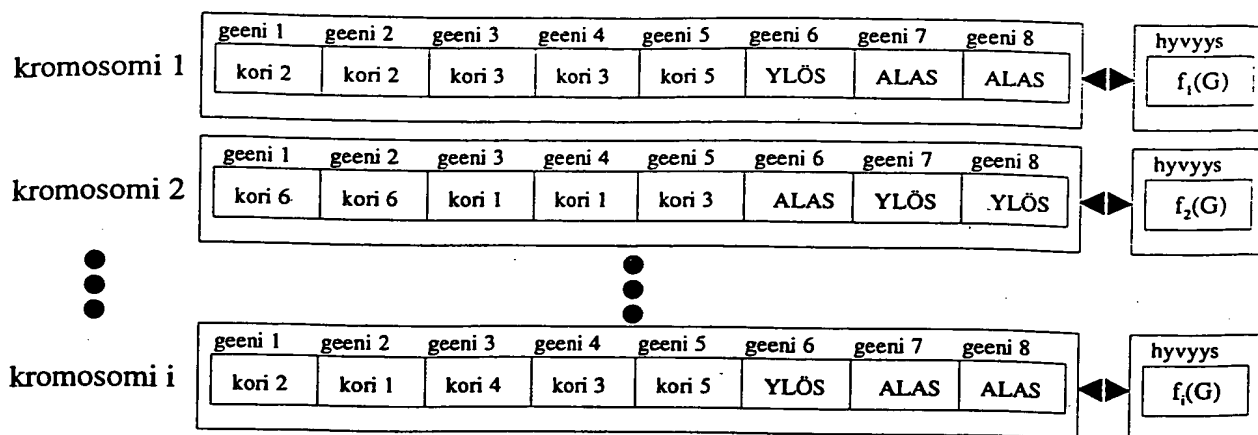


Fig. 3

YLÄ-KORI	YLÄ-KORI	LUKITTU	YLÄ-KORI
YLÄ-KORI ALA-KORI	ALA-KORI	LUKITTU	ALA-KORI
YLÄ-KORI ALA-KORI	YLÄ-KORI	LUKITTU	LUKITTU
YLÄ-KORI ALA-KORI	ALA-KORI	LUKITTU	LUKITTU
YLÄ-KORI ALA-KORI	YLÄ-KORI	LUKITTU	LUKITTU
YLÄ-KORI ALA-KORI	ALA-KORI	LUKITTU	YLÄ-KORI
YLÄ-KORI ALA-KORI	YLÄ-KORI	YLÄ-KORI	YLÄ-KORI ALA-KORI
YLÄ-KORI ALA-KORI	ALA-KORI	YLÄ-KORI ALA-KORI	ALA-KORI
YLÄ-KORI ALA-KORI	YLÄ-KORI	YLÄ-KORI ALA-KORI	LUKITTU
YLÄ-KORI ALA-KORI	ALA-KORI	YLÄ-KORI ALA-KORI	LUKITTU
YLÄ-KORI ALA-KORI	YLÄ-KORI	YLÄ-KORI ALA-KORI	YLÄ-KORI
ALA-KORI	ALA-KORI	ALA-KORI	ALA-KORI

Fig. 4